УДК 530.1(075.8)

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ ПО ПРЕДМЕТАМ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ЦИКЛА

Г.В. Ерофеева, Ю.Ю. Крючков, Е.А. Склярова, В.М. Малютин

Томский политехнический университет
E-mail: skea@tpu.ru

Приведены результаты анализа педагогических технологий, указаны принципы построения обучающих систем, построена концепция компьютеризированного занятия как обучающей системы. Рассмотрен пример реализации данной концепции при создании интерактивной обучающей системы по физике на базе компьютеров Macintosh и IBM PC. Приведено описание работы обучающей системы, а также результаты апробирования в учебном процессе.

Любая обучающая система не может быть создана без анализа предшествующего опыта создания подобных систем без учета методических и дидактических аспектов и требований, предъявляемых к новым информационным технологиям.

Обстоятельный обзор и анализ существующих технологий, их научных основ проведен в работе Г.К. Селевко [1]. Понятие технологии сравнительно недавно стало применяться в системе образования. В работе [1] дано также понятие педагогической технологии.

Технология – это совокупность приемов, применяемых в каком-либо деле, мастерстве, искусстве (толковый словарь).

Понятие "педагогическая технология" может быть представлено тремя аспектами:

1) научным: педагогические технологии – часть педагогической науки, изучающая и разрабатывающая цели, содержание и методы обучения и проектирующая педагогические процессы;

2) процессуально-описательным: описание (алгоритм) процесса, совокупность целей, содержания, методов и средств для достижения планируемых результатов обучения;

3) процессуально-действенным: осуществление технологического (педагогического) процесса, функционирование всех личностных, инструментальных и методологических педагогических средств.

Таким образом, педагогическая технология функционирует и в качестве науки, исследующей наиболее рациональные пути обучения, и в качестве системы способов, принципов и регуляторов, применяемых в обучении, и в качестве реального процесса обучения.

Основные качества современных педагогических технологий. Структура педагогической технологии

В структуру педагогической технологии входят:

а) концептуальная основа;

б) содержательная часть обучения:
- цели обучения – общие и конкретные;
- содержание учебного материала;

в) процессуальная часть – технологический процесс:
- организация учебного процесса;
- диагностика учебного процесса.

Критерии технологичности

Любая педагогическая технология должна удовлетворять некоторым основным методологическим требованиям (критериям технологичности).

Концептуальность. Каждой педагогической технологии должна быть присуща опора на определенную научную концепцию, включающую философское, психологическое, дидактическое и социально-педагогическое обоснование достижения образовательных целей.

Системность. Педагогическая технология должна обладать всеми признаками системы: логикой процесса, взаимосвязью всех его частей, целостностью.

Управляемость предполагает возможность диагностического целеполагания, планирования, проектирования процесса обучения, поэтапной диагностики, варьирования средствами и методами с целью коррекции результатов.

Эффективность. Современные педагогические технологии существуют в конкурентных условиях и должны быть эффективными по результатам и оптимальными по затратам, гарантировать достижение определенного стандарта обучения.

Воспроизводимость подразумевает возможность применения (повторения, воспроизведения) педагогической технологии в других однотипных образовательных учреждениях, другими субъектами.

Классификация педагогических технологий

Многие технологии по своим целям, содержанию, применяемым методам и средствам имеют достаточно много сходства и по этим общим признакам могут быть классифицированы в несколько обобщенных групп.

По направлению модернизации традиционной системы можно выделить следующие группы технологий:

а) Педагогические технологии на основе гуманизации и демократизации педагогических отношений. Это технологии с процессуальной ориентацией, приоритетом личностных отношений, индивидуального подхода, нежестким демократическим управлением и яркой гуманистической направленностью содержания. К ним относятся педагогика сотрудничества, гуманно-личностная технология Ш.А. Амонашвили, система преподавания литературы как предмета, формирующего человека, Е.Н. Ильина и др.

б) Педагогические технологии на основе активизации и интенсификации деятельности учащихся. Примеры: игровые технологии, проблемное обучение, технология обучения на основе конспектов опорных

сигналов В.Ф. Шаталова, коммуникативное обучение Е.И. Пассова и др.

в) Педагогические технологии на основе эффективности организации и управления процессом обучения. Примеры: программированное обучение, технологии дифференцированного обучения (В.В. Фирсов, Н.П. Гузик), технологии индивидуализации обучения (А.С. Границкая, Инге Унт, В.Д. Шадриков), перспективно-опережающее обучение с использованием опорных схем при комментируемом управлении (С.Н. Лысенкова), групповые и коллективные способы обучения (И.Д. Первин, В.К. Дьяченко), компьютерные (информационные) технологии и др.

г) Педагогические технологии на основе методического усовершенствования и дидактического реконструирования учебного материала: укрупнение дидактических единиц П.М. Эрдниева, технология "Диалог культур" В.С. Библера и С.Ю. Курганова, система "Экология и диалектика" Л.В. Тарасова, технология реализации теории поэтапного формирования умственных действий М.Б. Воловича и др.

д) Природосообразные, использующие методы народной педагогики, опирающиеся на естественные процессы развития ребенка; обучение по Л.Н. Толстому, воспитание грамотности по А. Кушниру, технология М. Монтессори и др.

е) Альтернативные: вальдорфская педагогика Р. Штейнера, технология свободного труда С. Френе, технология вероятностного образования А.М. Лобка.

ж) Наконец, примерами комплексных политехнологий являются многие из действующих систем авторских школ (из наиболее известных – "Школа самоопределения" А.Н. Тубельского, "Русская школа" И.Ф. Гончарова, "Школа для всех" Е.А. Ямбурга, "Школа-парк" М. Балабана и др.).

В труде "Великая дидактика" Ян Амос Коменский (1592–1670) первым попытался отыскать и привести в систему объективные закономерности воспитания и обучения, которые он изложил в десяти основоположениях, составляющих основу педагогики и дидактики. Он обосновал и принцип природосообразности, который исходит из природного равенства людей. В десятом основоположении Я.А. Коменский писал [2]: "Природа сама себя оплодотворяет постоянным движением … Обучение нельзя довести до основательности без возможно более частых и особенно искусно поставленных повторений и упражнений". В главе Х "Новейший метод языков" ("Аналитическая дидактика") Я.А. Коменский призывал: "… все то, с чем мы хотим как следует познакомить и что они должны мастерски делать, надо шлифовать контролем и закреплять при помощи частых упражнений. Итак: CLXXXV. Надо все время повторять и экзаменовать" [3]. Таким образом, еще на ранних стадиях формирования педагогики, как науки, контролю знаний отводится существенная роль.

Широкое распространение получают технологии программированного обучения. Программированное обучение возникло в начале 50-х годов XX в., когда американский психолог Б. Скиннер предложил повысить эффективность управления усвоением материала, построив его как последовательную программу подачи порций информации и их контроля. Впоследствии Н. Краудер разработал разветвленные программы, которые в зависимости от результатов контроля предлагали ученику различный материал для самостоятельной работы. Дальнейшее развитие технологии программированного обучения будет зависеть от разработки путей управления внутренней психической деятельностью человека.

Принципы программированного обучения были разработаны В.П. Беспалько [4]. Первым принципом программированного обучения является определенная иерархия управляющих устройств.

Термин "иерархия" означает ступенчатую соподчиненность частей в каком-то целостном организме (или системе) при относительной самостоятельности этих частей. Поэтому говорят, что управление таким организмом или системой построено по иерархическому принципу. Уже структура технологии программированного обучения свидетельствует об иерархическом характере построения ее управляющих устройств, образующих, однако, целостную систему. В этой иерархии выступает в первую очередь педагог, управляющий системой в наиболее ответственных ситуациях: создание предварительной общей ориентировки в предмете, отношение к нему, индивидуальная помощь и коррекция в сложных нестандартных ситуациях обучения.

Сущность второго принципа – принципа обратной связи вытекает из кибернетической теории построения преобразований информации (управляющих систем) и требует цикличной организации системы управления учебным процессом по каждой операции учебной деятельности. При этом имеется в виду не только передача информации о необходимом образе действия от управляющего объекта к управляемому (прямая связь), но и передача информации о состоянии управляемого объекта управляющему (обратная связь).

Обратная связь необходима не только педагогу, но и обучаемому; одному – для понимания учебного материала, другому – для коррекции. Поэтому говорят об оперативной обратной связи. Обратная связь, которая служит для самостоятельной коррекции учащимися результатов и характера его умственной деятельности, называется внутренней. Если же это воздействие осуществляется посредством тех же управляющих устройств, которые ведут процесс обучения (или педагогом), то такая обратная связь называется внешней. Таким образом, при внутренней обратной связи учащиеся сами анализируют итоги своей учебной работы, а при внешней это делают педагоги или управляющие устройства.

Третий принцип программированного обучения состоит в осуществлении шагового технологического процесса при раскрытии и подаче учебного материала. Выполнение этого требования позволяет достичь общепонятности обучающей программы.

Шаговая учебная процедура – это технологический прием, означающий, что учебный материал в программе состоит из отдельных, самостоятельных, но взаимосвязанных, оптимальных по величине порций информации и учебных заданий (отражающих

определенную теорию усвоения знаний учащимися и способствующих эффективному усвоению знаний и умений). Совокупность информации для прямой и обратной связи и правил выполнения познавательных действий образует шаг обучающей программы.

В состав шага включаются три взаимосвязанных звена (кадра): информация, операция с обратной связью и контроль.

Последовательность шаговых учебных процедур образует обучающую программу – основу технологии программированного обучения.

Четвертый принцип программированного обучения исходит из того, что работа учащихся по программе является строго индивидуальной, возникает естественное требование вести направленный информационный процесс и предоставлять каждому учащемуся возможность продвигаться в учении со скоростью, которая для его познавательных сил наиболее благоприятна, а в соответствии с этим возможность приспосабливать и подачу управляющей информации.

Изучение целей реформирования и информатизации педагогического образования, дидактических принципов построения обучающих педагогических систем, требований к выпускнику технического вуза (согласно [ГОС] – Государственному образовательномк стандарту) позволяет сформулировать концепцию компьютеризированного занятия:

1. Теоретическая часть, структурированная до необходимого минимума, содержащая:

а) федеральную, вузовскую и региональную составляющую ГОС и ОС вуза (по данной теме);

б) связи изучаемых физических величин и закономерностей с таковыми предыдущих и последующих занятий, а также межпредметные связи с другими дисциплинами, содержащимися в учебном плане данного специалиста;

в) применение изучаемых закономерностей в науке и технике и связь с будущей специальностью;

г) современные достижения в данной области знаний;

д) проблемные вопросы, парадоксальные ситуации, противоречия, появляющиеся как бы случайно при рассмотрении теоретической части, и ответы на них.

2. Наличие обратной связи или коммуникации, обеспечивающей организацию диалога между компьютером и учащимися.

3. Контрольные вопросы для проверки I и II уровня, содержащие нестандартные вопросы и ответы различных видов (у каждого обучающегося, похожий на соседний, но свой вариант) – продуктивная деятельность.

4. Решенные задачи (типовые, для формирования умений составления алгоритмов решений задач и запоминания соотношений теоретического материала и соответствующий индивидуальный вариант для самостоятельного решения).

5. Решенные интегративные задачи (нестандартные, нестереотипные, оригинальные) для формирования у учащегося креативного мышления и соответствующий индивидуальный вариант для самостоятельного решения.

6. Контрольные задачи с широким спектром формирования умений, в том числе формирование умений III и IV уровней усвоения (составление задач по данной тематике) – продуктивная деятельность.

7. Различные траектории обучения, соответствующие подготовленности обучаемого и его пожеланиям и возможностям.

8. Рейтинговая система оценки результата работы студента на всех этапах занятия.

9. Возможность моделирования изучаемого физического явления и постановки простейшего исследовательского эксперимента, а также опытные и видеодемонстрации.

10. Историческая справка (поучительный и занимательный рассказ об ученых и их открытиях) и соответствующий демонстрационный материал.

11. Справочный материал – таблицы производных и интегралов, тригонометрических функций, физических постоянных и т.д.

12. Комфортная среда обучения и коммуникативное взаимодействие со студентом.

13. Широкий спектр возможностей индивидуальной и самостоятельной работы.

Главные системообразующие факторы педагогических систем: целевой, коммуникативный, содержательно-организационный и аналитико-результативный здесь проявляются в полной мере. Основой для оценивания успеваемости учащегося являются итоги контроля. Учитываются при этом как качественные, так и количественные показатели работы обучающихся [5].

Конечной целью всех научно-методических изысканий педагогики и дидактики высшей школы является удовлетворение требований к уровню знаний выпускников, предъявляемых Государственными образовательными стандартами и стандартами вузов.

Создать такое идеализированное занятие очень трудно, но также как и в поиске истины, к нему можно бесконечно приближаться. Понятно, что обеспечить хотя бы большую часть из перечисленного можно лишь с помощью компьютера и соответствующего обучающего программного обеспечения.

Обучающая система, реализующая большинство требований к занятию по физике, была создана в Томском политехническом университете в 1996 году на базе компьютеров Macintosh [6–8], в 2001 г. разработана версия для IBM PC. Интерактивная обучающая система предназначена для проведения практических занятий, самостоятельной, индивидуальной работы студентов и дистанционного обучения. В настоящее время полностью разработаны, апробированы и введены в учебный процесс четыре части интерактивной обучающей системы по физике, посвященных разделам: "Механика. Молекулярная физика. Термодинамика" – часть I; "Электричество. Электромагнетизм" – часть II; "Колебания. Волновая оптика" – часть III; "Атомная физика. Элементы квантовой механики" – часть IV. Обучающая система апробирована на занятиях со студентами различных факультетов дневного и заочного обучения в течении пяти лет (свыше 7000 аудиторных занятий, более 4000 студентов). По указанным разделам

издано 4 учебных пособия.

Темы занятий обучающей системы:

1. Кинематика материальной точки.
2. Кинематика твердого тела.
3. Динамика твердого тела.
4. Законы сохранения.
5. Законы идеального газа.
6. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Энтропия. Тепловые двигатели.
7. Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Теорема Гаусса.
8. Работа по перемещению заряда в электрическом поле. Потенциал. Связь напряженности и потенциала. Электроемкость.
9. Законы постоянного тока.
10. Электромагнетизм. Сила Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц.
11. Закон Био-Савара-Лапласа и его применение к расчету магнитной индукции и напряженности магнитных полей. Магнитные свойства веществ.
12. Эффект Холла. Закон электромагнитной индукции. Уравнения Максвелла.
13. Механические колебания и волны.
14. Электромагнитные колебания и волны.
15. Геометрическая оптика.
16. Интерференция.
17. Дифракция.
18. Поляризация.
19. Тепловое излучение.
20. Фотоэффект. Эффект Комптона.
21. Атом Бора. Линейчатые спектры.
22. Элементы квантовой механики. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция.
23. Уравнение Шредингера. Частица в потенциальной яме.
24. Физика атомного ядра и элементарных частиц.

Каждое занятие содержит следующие структурные элементы:

1. Информационная часть (теория), то есть структурированный теоретический материал с выделением элементов знаний. Дискуссия “ведущего” и “оппонента” углубляет знания теоретического материала.
2. Контрольный вопросы (тест) первого уровня для проверки усвоения теоретического материала. При этом на каждом рабочем месте имеется свой вариант вопросов
3. Примеры решения типовых задач (подсказка) для выработки у студентов навыков по практическому применению информационной части. Некоторые задачи также являются оригинальной разработкой авторов.
4. Контрольные задачи второго уровня для проверки навыков в решении задач, отличающихся от рассмотренных в подсказке только цифровыми данными. На каждом рабочем месте предусмотрены свои цифровые данные, и, соответственно, свой численный ответ.
5. Контрольные задачи третьего уровня для проверки степени усвоения материала данного раздела. Студент должен самостоятельно получить расчетную формулу и числовой ответ. На каждом рабочем месте реализован свой вариант.
6. Справочник содержит таблицы производных и интегралов элементарных функций и физические формулы, не вошедшие в раздел теории, но необходимые для решения задач.
7. Для некоторых занятий имеется историческая справка о занимательных фактах из жизни ученых и их открытиях.
8. Компьютерный эксперимент.

Интерактивная обучающая система работает на базе компьютеров Macintosh в среде HyperCard 2.2, рабочим файлом которой является стек. Все три части (информативная часть, тест и подсказка) находятся в разных стеках и связаны между собой, т.е. студент может обратиться к теории и подсказке из любой части теста. Справочник, помимо указанного выше, содержит краткую инструкцию пользователя, находится в отдельном стеке и доступен из любой части теории и теста. В качестве примера связи стеков приводим блок-схему занятия “Кинематика твердого тела” (рис. 1), где прямоугольниками показаны разные стеки, а стрелками – обмен данными между ними.

В начале первого занятия студент проходит простой и короткий тест, при выполнении которого он обучается работать с компьютером Macintosh и ориентироваться в обучающей системе. На последующих занятиях вводный тест не повторяется. Далее выбирается тема занятия из общего меню по усмотрению преподавателя. После этого студент переходит к теории, а затем в тест. Имеется возможность изменить траекторию обучения, минуя теорию и сразу приступив к выполнению теста. Это может сделать любой студент по своему усмотрению. Вопросы и задачи теста распределены с помощью датчика случайных чисел, так что в данный момент на разных компьютерах генерируются различные задания. Все задания теста подразделены на три (иногда на два) уровня сложности. Соответственно цена ответа в баллах на каждом уровне разная. Обычно на первом уровне находятся вопросы, к каждому из которых нужно выбрать один правильный ответ из нескольких приведенных.

На втором уровне помещаются задачи “с подсказкой”. Решив такую задачу, студент должен ввести числовой ответ в специальное поле. Программа распознает ответ и выдает диагностику, правильно ли решена задача. Причем вводимый ответ может отличаться от реального на 5 %, что игнорирует незначительную ошибку в вычислениях. Обычно на втором уровне помещается задача с одинаковым условием* для всех обучаемых, но разными числовыми данными, которые распределяются в заданном диапазоне с определенным шагом с помощью датчика случайных чисел.

На третьем уровне предлагаются задачи первого типа, но более сложные. Задачи могут иметь иллюстрацию в виде компьютерного эксперимента, реализованного как мультипликация в среде Interactive Physics. Компьютерный эксперимент позволяет студенту участвовать в процессе, описанном в условии задачи, поскольку студент должен ввести параметры, заданные характеристиками. Обычно в одном занятии имеется

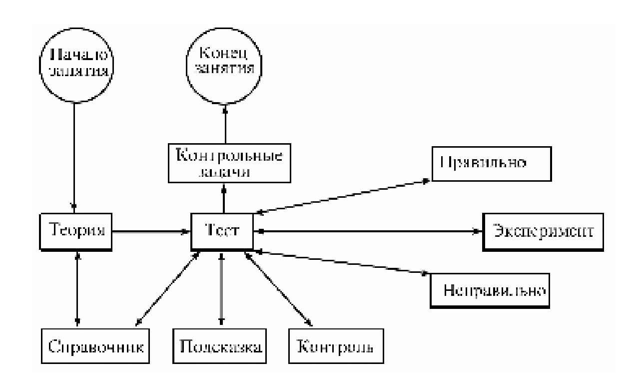


Рис. 1. Блок-схема отдельного занятия интерактивной обучающей системы

около 40 вопросов, 40 задач первого уровня и столько же второго. Программа выбирает для каждого студента 6–9 вопросов, 2 задачи первого уровня и одну второго уровня. В процессе работы над тестом студент может посмотреть, какое количество баллов он набрал.

Перечисленные занятия, имеющие одинаковую структуру и логическое построение, различаются по содержанию и форме. Содержание определяется темой данного занятия, а форму можно варьировать по усмотрению преподавателя. Можно провести коллоквиум, в этом случае задачи отсутствуют, а число вопросов увеличивается. Возможно устроить практическое занятие, когда нет вопросов, и студенты решают задачи. Материалы теоретических стеков используются при самостоятельной аудиторной работе студентов. Разнообразие форм занятий достигается также с помощью оформления стеков и карточек при разработке занятия. Например, в стеке теории имеется "ведущий" данного занятия, который ведет диалог со своим "студентом". Кроме того, существует возможность использовать разные цвета для оформления карточек. Имеются также фотографии, мультфильмы и видеоклипы, иллюстрирующие некоторые законы физики. Можно также использовать звуки и визуальные эффекты. Разнообразие форм занятий повышает интерес студентов к теме занятия, делает занятие очень наглядным.

В соответствии с алгоритмом, разработанным преподавателем, были реализованы двадцать четыре занятия в среде программирования HyperCard 2.2. Эта инструментальная среда обладает широкими возможностями для создания тестов, практических занятий, лабораторных работ. HyperCard сконструирован таким образом, что ресурсы, необходимые для построения программы (кнопки, окна, язык программирования) являются встроенными, и основное внимание и время программиста уделяется созданию сценария программы. Кроме обычных редактора текстов, математических функций и графических инструментов, HyperCard имеет все мультимедийные средства для записи и воспроизведения звуков, создания и показа видео- и мультфильмов. Имеется также встроенный интерпретатор языка HyperTalk. Рабочая программа, написанная на HyperCard, имеет структуру стека. Каждый стек состоит из множества электронных карточек, которые можно перекладывать в произвольном порядке. Как стек, так и карточка являются программируемыми объектами. В среде HyperCard реализована идея объектно-ориентированного программирования, поэтому каждый объект имеет свои программу и свойства. На каждой карточке расположены другие программируемые объекты – текстовые поля, кнопки и графические объекты. Между программируемыми объектами легко осуществить обмен данными – численными, текстовыми и т.д. Первичной идеей обучающей системы был принцип многооконности, заключающийся в том, что экран выглядит как рабочий стол, на котором расположены учебники, задачники, справочники, которые можно перемещать, открывать, закрывать, листать. На страницах этих "книжек" расположены экранные кнопки, текстовые поля, графические объекты. На рис. 2 приведен пример карточки из практического занятия "Кинематика твердого тела" с указанием программируемых объектов.

Приведем текст задачи, помещенной на этой карточке: "На одну из лопастей ветряной мельницы села бабочка. Подул свежий ветер, лопасти пришли во вращение. Определите линейную скорость бабочки υ и число оборотов N к моменту времени t = X с после начала вращения, если бабочка находится на расстоянии r = Y м от центра вращения, а закон изменения углового ускорения от времени ω = Ct, где C = 2 рад/с^2". В тексте задачи вместо X (время вращения) и Y (расстояние от центра) студент видит на экране компьютера числовые данные, распределенные в заданных интервалах с помощью датчика случайных чисел. В результате на разных компьютерах видны различные числовые данные. После того, как задача решена на бумаге, числовой ответ вводится в специальные поля, рядом с которыми указана размерность величин, затем нажимается кнопка "Ответ готов" (рис. 2).

Появляется карточка с диагностикой, правильно ли решена задача. На карточке приведена задача с компьютерным экспериментом. Мультфильм вызывается кнопкой "Эксперимент". Желаемые действия (переход на другую карточку, в другой стек, показ фильма, эксперимента и т.д.) производятся нажатием кнопки мыши в тот момент, когда ее указатель находится на соответствующей экранной кнопке. Два кадра из компьютерного эксперимента к описанной задаче приведены на рис. 3, а и 3, б. Легкость в обращении с компьютером, наглядность преподаваемого материала делают работу студентов не только приятной, но и весьма эффективной. Программы, разработанные в HyperCard, представляют материал по теме занятия с максимальной наглядностью, поскольку в стеки можно включать звуки, мультфильмы и видеоклипы.

Для моделирования физических явлений была использована специализированная среда разработки Interactive Physics. Эта инструментальная среда позволяет пользователю моделировать механические и электростатические явления, подчиняющиеся законам физики. Все необходимые служебные данные (набранные баллы,

* Для всех обучаеых

номер задачи, фамилия студента и т.д.) сохраняются в файле-протоколе. При загрузке HyperCard происходит считывание данных из этого файла и занесение служебной информации в соответствующие переменные.

В занятии "Законы сохранения" в каждой из пяти задач имеется компьютерный эксперимент, иллюстрирующий в режиме мультипликации процесс, описанный в условии задачи. На рис. 3, а и 3, б показаны два кадра из компьютерного эксперимента к задаче с рис. 2. Из рис. 3, б видно, как в реальном масштабе времени ведет себя линейная и угловая скорость в зависимости от расстояния. На координатной сетке в левом верхнем углу (рис. 3, б) верхняя кривая показывает поведение линейной скорости, нижняя кривая – поведение угловой скорости. По мере вращения мельницы на поле под координатной сеткой появляется число радиан – величина углового пути. Компьютерные эксперименты позволяют прививать студентам навыки научно-исследовательской работы, поскольку числовые данные задачи можно менять внутри мультфильма. Таким образом, студент непосредственно участвует в моделировании физического процесса, описанного в условии задачи. В частности, студент может задать данные, равные тем, что описаны в условии задачи. В любом случае студент видит на экране воплощенный в виде мультфильма алгоритм решения задачи.

Выполнение одного компьютерного занятия из интерактивной обучающей системы, если его проводить по традиционной траектории, сводится к следующим основным этапам:

1. Выбор темы занятия из общего меню.
2. Просмотр теоретического материала.
3. Знакомство со способами решения типовых задач.
4. Выполнение теста, включая вопросы и задачи с компьютерными экспериментами, просмотр текущего балла студента, диагностику ответа.

Контроль знаний

Каждая технология предусматривает свою систему контроля знаний или систему тестирования. Впервые название "тест" ввел основатель научного изучения индивидуальных различий английский ученый Ф. Гальтон. Тестирование в те времена применялось для проверки профессиональной пригодности, обработка результатов которой была очень трудоемкой. Ф. Гальтон разработал также идеи регрессивного и корреляционного анализа и ввел идею валидности (обоснованности теста), что было чрезвычайно важно при определении профессиональной пригодности [9].

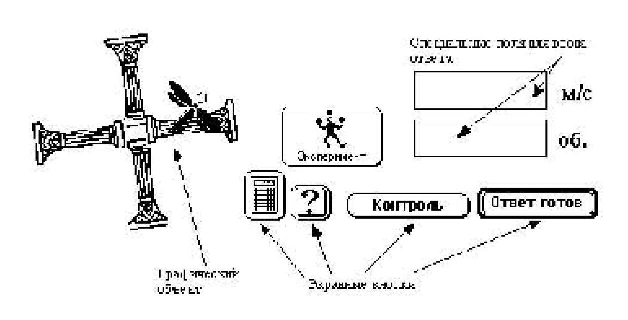


Рис. 2. Пример карточки из практического занятия "Кинематика твердого тела"

В настоящее время тестирование – широко распространенная система контроля знаний. Обучающая система на каждом занятии позволяет провести тестирование студентов по каждому элементу знаний. При этом студент может обращаться к теоретической части занятия на любой стадии прохождения теста, тем самым повторяя информационный материал в полном соответствии с рекомендациями Я.А. Коменского. Датчик случайных чисел для разброса числовых данных задач или вопросов теста обеспечивает самостоятельную одновременную работу студентов по разным вариантам и исключает списывание. Разработанное программное обеспечение позволяет изменить траекторию обучения студента, если изучение теоретической части или решение задач для него необязательно. Реализована рейтинговая система оценки знаний и происходит подсчет баллов. В конце занятия преподавателю вручается протокол, где указаны фамилии студентов данной группы и баллы. Протокол используется для анализа успеваемости студентов и результатов апробирования обучающей системы.

Программа позволяет провести исследования изменения уровня знаний студентов от первого занятия (рис. 4, а) к последующим (рис. 4, б) Результат анализа, выполненный на примере пяти групп студентов машиностроительного факультета показывает повышение уровня знаний, которое проявляется в увеличении числа студентов, набравших высокий балл за занятие, рис. 4, а, б. На рис. 5а представлены сведения о результатах тестирования студентов различных групп по трем темам. На рис. 5, б показано возрастание среднего балла в процессе изучения курса физики, которое свидетельствует об увеличении уровня знаний.

Генерируемый тест должен быть проверен на:

– технологичность и экономичность;
– достаточную универсальность (многоуровневые критерии оценки знаний и умений);
– валидность (удовлетворение целям тестирования);
– надежность (достаточно высокую степень формализации оценки результатов тестирования);
– легитимность (отсутствие противоречий нормам и закону об образовании).

Коэффициент надежности (отвечает на вопрос – насколько точны проведенные измерения) подсчитан из соотношения:

$$r_n = \frac{m}{m-1}\left(1 - \frac{\sum_{1}^{N_к} S_j^2}{S_t^2}\right),$$

здесь m – число заданий, $N_к$ – число опрошенных студентов, S_j^2 – дисперсия по каждому вопросу:

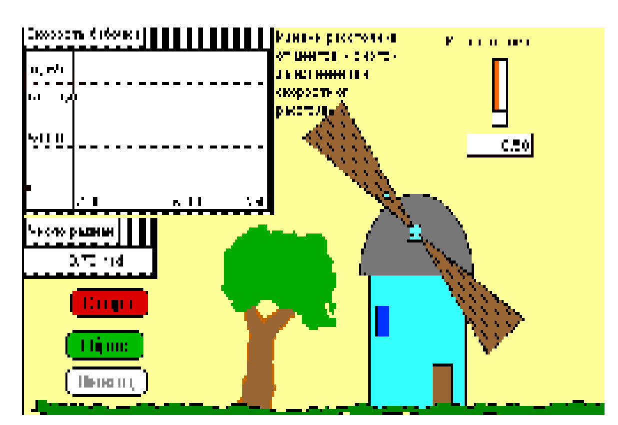


Рис. 3, а. Начальный кадр из компьютерного эксперимента

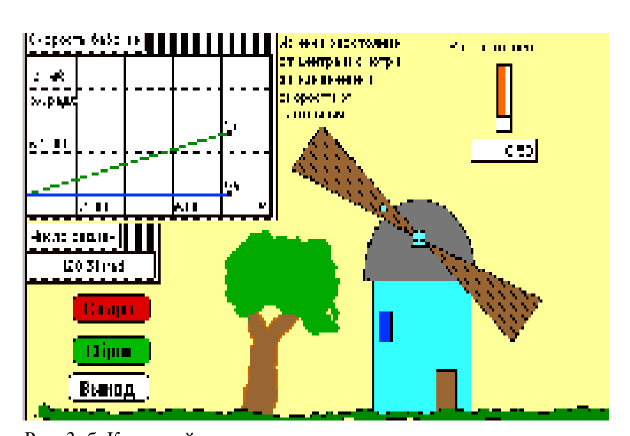


Рис. 3, б. Конечный кадр из компьютерного эксперимента

$$S_j^2 = p_j g_j;\ p_j = \frac{R_j}{N_{max}},$$

где R_j – число правильных ответов на j-й вопрос, N_{max} принимается равным числу испытуемых.

Величина p_j определяет меру трудности каждого вопроса, а $g_j = 1 - p_j$. Экспертный контроль осуществлялся путем повторного тестирования одними и теми же тестами одной и той же группы студентов (участвовали два эксперта). В формуле (1) дисперсия индивидуальных баллов по тесту S_t^2 при экспертном контроле (обозначен буквой к) равна:

$$S_t^2 = \frac{\sum_{1}^{N_к}(x_{кi} - \bar{x}_к)^2}{N_к}. \qquad (1)$$

Полученная в данной выборке (40 тестов I занятие и 40 тестов II занятие) величина надежности теста “Кинематика” оказалась $r_{н_1}=0,77$, “Динамика” – $r_{н_2}=0,78$.

Поскольку тесты должны быть проверены не только на надежность, но и на валидность, т.е. обоснованность проверки данным вопросом какого-либо элемента знаний, то в качестве расчетной формулы коэффициента валидности было взято следующее соотношение [9]:

$$r_в = \frac{\sum_{i}^{N_к}(x_{кi} - \bar{x}_к)(x - \bar{x})}{N_к\sqrt{S_t^2 \cdot S_{кt}^2}}.$$

Коэффициент валидности “Кинематика” составил $r_{в_1}$ = 0,7, “Динамика” $r_{в_2}$ = 0,705.

Результатом анализа литературы по педагогике и информационным технологиям явилось формирование научно-методических аспектов обучающих систем, которые позволили разработать новую педагогическую технологию обучения инженеров физике в техническом университете.

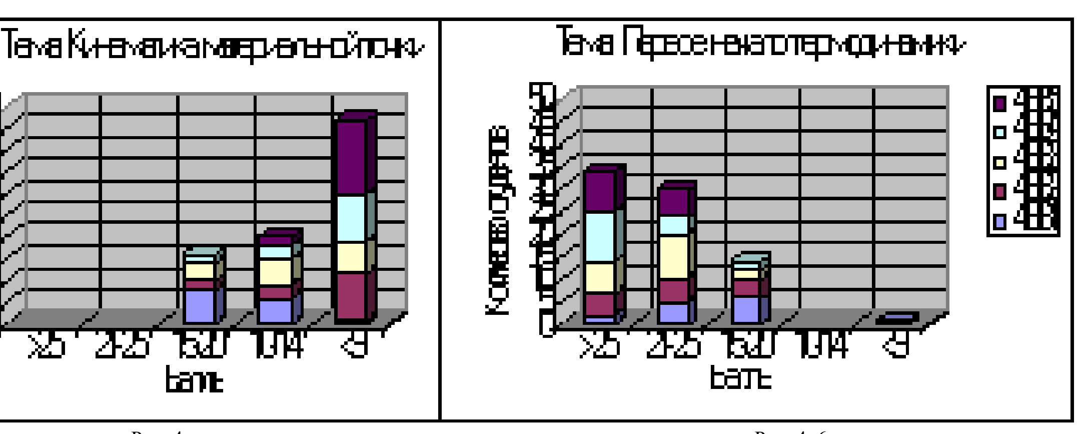


Рис. 4, а

Рис. 4, б

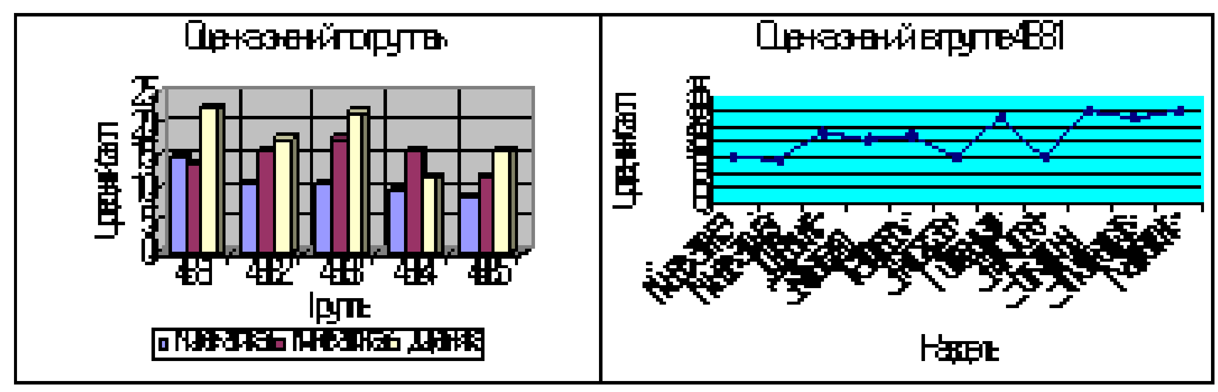


Рис. 5, а

Рис. 5, б

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Селевко Г.К. Современные образовательные технологии: Учебное пособие. – М.: Народное образование, 1998. – 256 с.
2. Коменский Я.А. Избранные педагогические сочинения / Под ред. А.И. Пискунова. – М.: Педагогика, 1982. – С. 361–362.
3. Коменский Я.А. Избранные педагогические сочинения / Под ред. А.И. Пискунова. – М.: Педагогика, 1982. – 595 с.
4. Беспалько В.П. Программированное обучение. Дидактические основы. – М.: Высшая школа, 1970. – 300 с.
5. Подласый И.П. Педагогика: Новый курс: В 2 кн. – М.: Гуманит. Изд-во, Центр “ВЛАДОС”, 2001. – Кн. 1: Общие основы. Процесс обучения. – 576 с.
6. Ерофеева Г.В., Малютин В.М., Стройнова В.Н. Интерактивная обучающая система по физике на базе компьютеров Макинтош // Информационные технологии. – 1998. – № 3. – С. 37–41.
7. Стройнова В.Н., Ерофеева Г.В., Малютин В.М., Смекалина Т.В. Компьютерный учебник по физике. Часть I. Механика. Молекулярная физика. Термодинамика // Известия вузов. Физика. – 1997. – № 10. – С. 107–114.
8. Ерофеева Г.В., Стройнова В.Н., Малютин В.М. Интерактивная обучающая система по физике. Часть II. Электродинамика // Известия вузов. Физика. – 2000. – № 2. – С. 62–68.
9. Аванесов В.С. Тесты в социологическом исследовании. – М.: Наука, 1982. – С. 124–126.